

Japanese Patent Laid-open Publication No.: 2001-34318 A

Publication date : February 9, 2001

Applicant : KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA

Title :MACHINING PATH CREATION METHOD, NC PROGRAM AUTOMATIC
5 CREATION METHOD, CAD/CAM SYSTEM, NC MACHINING SYSTEM, AND
RECORDING MEDIUM

(57) [Abstract]

[Object] To avoid interference of a tool in approaching
10 and retracting operations of the tool.

[Solution] A safe boundary 19 where a workpiece 16 or
20 and a tool 28 do not interfere with each other is
created based on the largest turning radius K of the
workpiece 16 or 20 at the time of machining the workpiece
15 16 or 20, and an approaching operation and a retracting
operation of the tool 18 with respect to the workpiece 16
or 20 are determined based on machining model data and the
safe boundary 19, to create a machining path.

20 [0053] The workpiece model selection unit 14 has a
function of determining whether to select a workpiece model
having a shape approximate to a machining model created by
the three-dimensional CAD 2 or to select a workpiece model
having a predetermined shape, from workpiece models stored
25 in the workpiece model region 4b of the database 4 based on
the machining model data created by the three-dimensional
CAD 2.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-34318
(P2001-34318A)

(43) 公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-ミ-ト* (参考)
G 0 5 B 19/4093		G 0 5 B 19/403	E 5 H 2 6 9
B 2 3 Q 15/00	3 0 1	B 2 3 Q 15/00	3 0 1 J
			3 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-207795

(22) 出願日 平成11年7月22日(1999.7.22)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 綿村 靖

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株

式会社東芝生産技術センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

Fターム(参考) 5H269 AB01 AB19 BB14 EE11 FF07

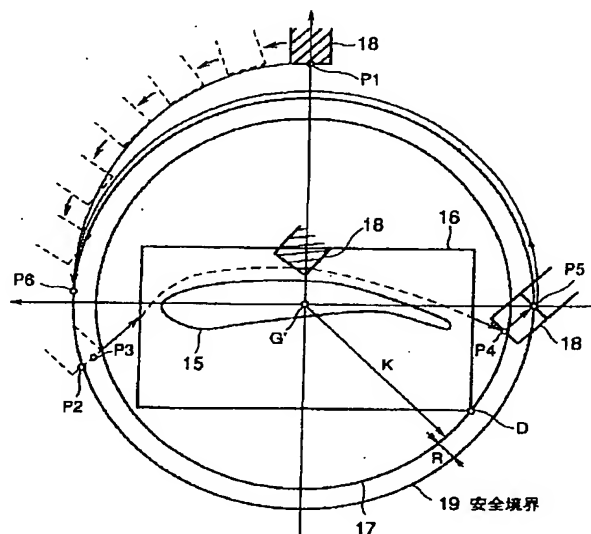
KK01 QA05 QA09 QB15

(54) 【発明の名称】 加工パス作成方法、NCプログラム自動作成方法、CAD/CAMシステム、NC加工システム及び記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避する。

【解決手段】 被加工物16又は20の加工時における被加工物16又は20の最大の回転半径Kに基づいて被加工物16又は20と工具18とが干渉しない安全境界19を作成し、加工モデルデータ及び安全境界19に基づいて被加工物16又は20に対する工具18の進入動作及び逃げ動作を決定して加工パスを作成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 3次元モデルデータを参照して、被加工物を加工するためのNC加工機における工具の加工パスを作成する加工パス作成方法において、前記被加工物の加工時において前記被加工物が移動に要する範囲に基づいて前記被加工物と前記工具とが干渉しない安全境界を得る工程と、前記3次元モデルデータ及び前記安全境界に基づいて前記加工パスを作成する工程と、を有することを特徴とする加工パス作成方法。

【請求項2】 前記被加工物を回転させたときの前記被加工物の最外の回転軌跡位置となる最大の回転半径を求める工程と、前記最大回転半径及び前記工具の半径に基づいて前記被加工物と前記工具とが干渉しない安全な回転半径を求める工程と、この安全な回転半径で決まる円筒面を前記安全境界として求める工程と、を有することを特徴とする請求項1記載の加工パス作成方法。

【請求項3】 前記被加工物を回転させたときの回転軸方向における前記被加工物の各断面での各回転半径を求める工程と、これら回転半径から前記被加工物の各断面における各安全境界を求める工程と、を有することを特徴とする請求項1記載の加工パス作成方法。

【請求項4】 前記被加工物を回転させたときの回転軸方向における前記被加工物の各断面での各回転半径を求める工程と、これら回転半径から前記被加工物の各断面における各安全境界を求める工程と、これら安全境界から前記被加工物を包含する安全境界面を求める工程と、を有することを特徴とする請求項1記載の加工パス作成方法。

【請求項5】 前記被加工物に対する加工によって小さくなる前記被加工物を回転させたときの回転半径に追従して前記安全境界の位置を変化させる工程、を有することを特徴とする請求項1記載の加工パス作成方法。

【請求項6】 前記工具の加工原点が前記安全境界より外に設定されているかを判断し、前記加工パスの作成に移る工程、を有することを特徴とする請求項1記載の加工パス作成方法。

【請求項7】 前記3次元モデルデータに基づいてこの3次元モデルに近似した形状の素材モデルを選択するか又は所定形状の素材モデルを選択するかを判断する工程を有し、この工程で選択された前記被加工物に対する前記安全境界を作成することを特徴とする請求項1記載の加工パス作成方法。

【請求項8】 請求項1乃至7のうちいずれか1項記載の加工パス作成方法において、前記加工パスに基づいて前記NC加工機を制御するためのNCプログラムを作成す

る工程を有することを特徴とするNCプログラム自動作成方法。

【請求項9】 CADにおいて作成された3次元モデルデータに従ってCAMにより被加工物を加工するためのNC加工機における工具の加工パスを作成するCAD/CAMシステムにおいて、前記被加工物の加工時における前記被加工物の移動空間に基づいて前記被加工物と前記工具とが干渉しない安全境界を作成する安全境界作成手段と、

10 前記3次元モデルデータ及び前記安全境界に基づいて前記被加工物に対する前記工具の進入動作及び逃げ動作を決定して前記加工パスを作成する加工パス作成手段と、を具備したことを特徴とするCAD/CAMシステム。

【請求項10】 前記安全境界作成手段は、前記被加工物を回転させたときの前記被加工物の最外の回転軌跡位置となる最大の回転半径を求める最大回転半径演算手段と、

前記最大回転半径及び前記工具の半径に基づいて前記被加工物と前記工具とが干渉しない安全な回転半径を求める安全回転半径演算手段と、

この安全回転半径演算手段により求められた回転半径で決まる円筒面を前記安全境界として求める安全境界演算手段と、を備えたことを特徴とする請求項9記載のCAD/CAMシステム。

【請求項11】 前記安全境界作成手段は、前記被加工物を回転させたときの回転軸方向における前記被加工物の各断面での各回転半径を求める回転半径演算手段と、この回転半径演算手段により求められた各回転半径から前記被加工物の各断面における各安全境界を求める安全境界演算手段と、を備えたことを特徴とする請求項9記載のCAD/CAMシステム。

【請求項12】 前記安全境界作成手段は、前記被加工物を回転させたときの回転軸方向における前記被加工物の各断面での各回転半径を求める回転半径演算手段と、この回転半径演算手段により求められた各回転半径から前記被加工物の各断面における各安全境界を求める安全境界演算手段と、

この安全境界演算手段により求められた各安全境界から前記被加工物を包含する安全境界面を求める安全境界面演算手段と、を備えたことを特徴とする請求項9記載のCAD/CAMシステム。

【請求項13】 前記被加工物に対する加工によって小さくなる前記被加工物を回転させたときの回転半径に追従して前記安全境界の位置を変化させる安全境界変化手段、を備えたことを特徴とする請求項9記載のCAD/CAMシステム。

【請求項14】 前記工具の加工原点が前記安全境界外に設定されているかを判断し、前記安全境界外に設定されていれば前記加工パスの作成に移る加工原点設定手段、を備えたことを特徴とする請求項9記載のCAD/

CAMシステム。

【請求項 15】 前記 3 次元モデルデータに基づいてこの 3 次元モデルに近似した形状の素材モデルを選択するか又は所定形状の素材モデルを選択するかを判断する素材モデル選択手段を備えたことを特徴とする請求項 9 記載の CAD/CAM システム。

【請求項 16】 前記加工パスに基づいて前記 NC 加工機を NC 制御するための NC プログラムを作成する NC プログラム作成手段を備えたことを特徴とする請求項 9 乃至 15 のうちいずれか 1 項記載の CAD/CAM システム。

【請求項 17】 CAD において作成された 3 次元モデルデータに従って CAM により被加工物を加工するための加工パスが作成され、この加工パスに基づいた NC プログラムを備える NC 加工システムにおいて、前記被加工物の加工時における前記被加工物の移動空間に基づいて前記被加工物と前記工具とが干渉しない安全境界が作成され、この安全境界に基づいて作成された前記加工パスに基づく NC プログラムを具備したことを特徴とする NC 加工システム。

【請求項 18】 請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 項記載の加工パス作成方法のプログラムを記憶したことを特徴とする記憶媒体。

【請求項 19】 請求項 8 項記載の NC プログラム自動作成方法のプログラムを記憶したことを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、NC 制御工作機械の NC プログラムの作成に係わり、特に被加工物と工具との干渉を回避する NC プログラムを作成するための加工パス作成方法、この加工パスに基づいて NC プログラムを作成する NC プログラム自動作成方法、加工パス作成方法を適用した CAD/CAM システム、NC 加工システム及び加工パス作成方法のプログラムを記憶する記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】金型などの製品の製造工程では、3 次元 CAD/CAM システムを用い、先ず、3 次元 CAD において製品の設計を行ってその製品の 3 次元モデルデータを作成して 3 次元 CAM に渡す。

【0003】この 3 次元 CAM では、3 次元 CAD からの 3 次元モデルデータを受けるとともに NC 加工の条件を入力し、これら 3 次元モデルデータ及び NC 加工条件に基づいて NC 工作機の工具の加工パスを作成し、この加工パスから各種 NC 加工機に対応した NC プログラムを作成する。

【0004】NC 加工機は、3 次元 CAD/CAM システムからデータ転送システムを通して NC プログラムを受け取り、この NC プログラムに従って被加工物に対す

る加工を実施する。この NC 加工機は、例えば工具を 4 軸（X 軸、Y 軸、Z 軸及び回転軸）以上の軸数を持ったものがあり、これら軸を同時に制御して被加工物を加工する。

【0005】このような 4 軸以上の軸数を持った NC 加工機では、被加工物を回転させながら工具を加工パスに従って移動させて被加工物を加工するが、被加工物の切削中以外に、被加工物と工具との干渉を回避することが必要であり、その NC プログラムが作成されている。

【0006】このような 4 軸以上の軸数を持った NC 加工機に対する被加工物と工具との干渉を回避する NC プログラムの作成手法としては、例えば人間系において例えば目分量によって工具の逃げ高さを設定する手法及び回転軸回りを考慮しない 3 軸加工用の工具移動方法（平面移動）を使用する手法がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記各 NC プログラムの作成手法では、加工する前の被加工物（素材モデル）の形状を考慮していないために、加工開始点への工具の進入動作において被加工物への工具の干渉が発生する。

【0008】又、工具を平面移動する手法では、回転している被加工物への移動中の工具の衝突が発生する。

【0009】このような被加工物への工具の干渉などが発生するために、切削前の工具の進入や切削後の工具の逃げの距離を長めに設定しなければならない。

【0010】そこで本発明は、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避できる加工パス作成方法を提供することを目的とする。

【0011】又、本発明は、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避できる NC プログラム自動作成方法を提供することを目的とする。

【0012】又、本発明は、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避できる加工パスを作成する CAD/CAM システムを提供することを目的とする。

【0013】又、本発明は、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避した NC 加工ができる NC 加工システムを提供することを目的とする。

【0014】又、本発明は、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避できる加工パス作成のプログラム又はこの加工パスから作成した NC プログラムを記憶する記憶媒体を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に係わる加工パス作成方法は、3 次元モデルデータを参照して、被加工物を加工するための NC 加工機における工具の加工パスを作成するもので、被加工物の加工時において被加工物が移動に要する範囲に基づいて被加工物と工具とが干渉しない安全境界を得る工程と、3 次元モデルデータ及び安全境界に基づいて加工パスを作成する工程とを有する。

【0016】上記加工パス作成方法は、被加工物を回転させたときの被加工物の最外の回転軌跡位置となる最大の回転半径を求める工程と、最大回転半径及び工具の半径に基づいて被加工物と工具とが干渉しない安全な回転半径を求める工程と、この安全な回転半径で決まる円筒面を安全境界として求める工程とを有する。

【0017】上記加工パス作成方法は、被加工物を回転させたときの回転軸方向における被加工物の各断面での各回転半径を求める工程と、これら回転半径から被加工物の各断面における各安全境界を求める工程とを有する。

【0018】上記加工パス作成方法は、被加工物を回転させたときの回転軸方向における被加工物の各断面での各回転半径を求める工程と、これら回転半径から被加工物の各断面における各安全境界を求める工程と、これら安全境界から被加工物を包含する安全境界面を求める工程とを有する。

【0019】上記加工パス作成方法は、被加工物に対する加工によって小さくなる被加工物を回転させたときの回転半径に追従して安全境界の位置を変化させる工程とを有する。

【0020】上記加工パス作成方法は、工具の加工原点が安全境界より外に設定されているかを判断し、加工パスの作成に移る工程とを有する。

【0021】上記加工パス作成方法は、3次元モデルデータに基づいてこの3次元モデルに近似した形状の素材モデルを選択するか又は所定形状の素材モデルを選択するかを判断する工程とを有し、この工程で選択された被加工物に対する安全境界を作成する。

【0022】本発明に係わるNCプログラム自動作成方法は、上記各加工パス作成方法において、加工パスに基づいてNC加工機を制御するためのNCプログラムを作成する工程とを有する。

【0023】本発明に係わるCAD/CAMシステムは、CADにおいて作成された3次元モデルデータに従ってCAMにより被加工物を加工するためのNC加工機における工具の加工パスを作成するもので、被加工物の加工時における被加工物の移動空間に基づいて被加工物と工具とが干渉しない安全境界を作成する安全境界作成手段と、3次元モデルデータ及び安全境界に基づいて被加工物に対する工具の進入動作及び逃げ動作を決定して加工パスを作成する加工パス作成手段と、を備えている。

【0024】上記CAD/CAMシステムの安全境界作成手段は、被加工物を回転させたときの被加工物の最外の回転軌跡位置となる最大の回転半径を求める最大回転半径演算手段と、最大回転半径及び工具の半径に基づいて被加工物と工具とが干渉しない安全な回転半径を求める安全回転半径演算手段と、この安全回転半径演算手段により求められた回転半径で決まる円筒面を安全境界と

して求める安全境界演算手段とを有する。

【0025】上記CAD/CAMシステムの安全境界作成手段は、被加工物を回転させたときの回転軸方向における被加工物の各断面での各回転半径を求める回転半径演算手段と、この回転半径演算手段により求められた各回転半径から被加工物の各断面における各安全境界を求める安全境界演算手段とを有する。

【0026】上記CAD/CAMシステムの安全境界作成手段は、被加工物を回転させたときの回転軸方向における被加工物の各断面での各回転半径を求める回転半径演算手段と、この回転半径演算手段により求められた各回転半径から被加工物の各断面における各安全境界を求める安全境界演算手段と、この安全境界演算手段により求められた各安全境界から被加工物を包含する安全境界面を求める安全境界面演算手段とを有する。

【0027】上記CAD/CAMシステムは、被加工物に対する加工によって小さくなる被加工物を回転させたときの回転半径に追従して安全境界の位置を変化させる安全境界変化手段を備えている。

【0028】上記CAD/CAMシステムは、工具の加工原点が安全境界外に設定されているかを判断し、安全境界外に設定されていれば加工パスの作成に移る加工原点設定手段を備えている。

【0029】上記CAD/CAMシステムは、3次元モデルデータに基づいてこの3次元モデルに近似した形状の素材モデルを選択するか又は所定形状の素材モデルを選択するかを判断する素材モデル選択手段を備えている。

【0030】上記各CAD/CAMシステムは、加工パスに基づいてNC加工機をNC制御するためのNCプログラムを作成するNCプログラム作成手段を備えている。

【0031】本発明に係わるNC加工システムは、CADにおいて作成された3次元モデルデータに従ってCAMにより被加工物を加工するための加工パスが作成され、この加工パスに基づいたNCプログラムを備えるもので、被加工物の加工時における被加工物の移動空間に基づいて被加工物と工具とが干渉しない安全境界が作成され、この安全境界に基づいてされた加工パスに基づくNCプログラムを備えている。

【0032】本発明に係わる記憶媒体は、上記各加工パス作成方法のプログラムを記憶している。

【0033】本発明に係わる記憶媒体は、上記NCプログラム自動作成方法のプログラムを記憶している。

【0034】

【発明の実施の形態】(i) 以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0035】図1は3次元CAD/CAMシステムを適用したNC加工システムの全体構成図である。

【0036】3次元CAD/CAMシステム1は、3次

元モデルデータを作成し、この3次元モデルデータ及び加工条件に基づいて加工パスを作成するもので、3次元CAD2、3次元CAM3及びデータベース4を備えている。

【0037】この3次元CAD/CAMシステム1には、NCプログラムデータベース5、ホストプロセッサ6及びNCプログラムサーバ7が接続され、このうちNCプログラムサーバ7には、各データ転送システム(DNC)8-1〜8-nを介して各種NC加工機9-1〜9-nが接続されている。

【0038】3次元CAD2は、オペレータによる入力操作によって設計された製品すなわち加工物の形状を示す3次元モデル(以下、加工モデルと称する)の加工モデルデータを、図2に示すデータベース4内の加工モデル領域4aに記憶する機能を有している。

【0039】このデータベース4は、加工モデル領域4aの他に、素材モデル領域4b、工具情報領域4c、加工条件領域4d、安全境界領域4e、加工パス領域4f及び制御プログラム領域4gなどが形成されている。

【0040】素材モデル領域4bには、予め定められた各種形状の加工モデルデータや既に設計された各製品の加工モデルデータ、加工する処理する前の素材となる例えば四角柱や円柱等の素材モデルデータが記憶されている。

【0041】工具情報領域4cには、3次元CAM3へのオペレータの操作によって入力される各NC加工機9-1〜9-nに取り付けられる各工具の情報、例えば工具の種類例えば工具はΦ40フラットエンドミル、工具半径R:20mm、刃長:150mm、ホルダー径などが記憶される。

【0042】加工条件領域4dには、3次元CAM3へのオペレータの操作によって入力される加工条件、例えば加工パスを定義するデータとして加工面、加工方法、加工パスの接続方法、加工前後の切削送り距離、工具進入方法、工具逃がし方法が記憶され、さらに各NC加工機9-1〜9-nの主軸の回転数、切削送り速度、切削速度などが記憶される。

【0043】安全境界領域4eには、3次元CAM3において作成される被加工物と工具とが干渉しない安全境界のデータが記憶される。

* 40

$$S = \text{最大回転半径} K + \text{半径} R + \text{オフセット値} V$$

…(1)

を求める安全回転半径演算手段10-2と、この安全回転半径演算手段10-2により求められた回転半径S

($=K+R+V$)で決まる円筒面を上記安全境界19として求める安全境界演算手段10-3との各機能を有している。

【0049】なお、実際に用いる回転半径Sは、この回転半径($S+\alpha$)とし、この正数 α 値分だけ工具18の位置を被加工物16から遠ざけたものとなっている。これは回転半径Sだけでは、工具18が被加工物16に接

*【0044】加工パス領域4fには、3次元CAM3において作成される加工パスが記憶される。

【0045】制御プログラム領域4gには、3次元CAD2及び3次元CAM3を動作させるための制御プログラムが予め記憶されている。すなわち、被加工物の加工時における被加工物の移動空間に基づいて被加工物と工具とが干渉しない安全境界を作成し、3次元モデルデータ及び安全境界に基づいて被加工物に対する工具の進入動作及び逃げ動作を決定して加工パスを作成する加工パス作成のプログラムが記憶されている。具体的に説明すると、被加工物を回転させたときの被加工物の最外の回転軌跡位置となる最大の回転半径を求め、この最大回転半径及び工具の半径に基づいて被加工物と工具とが干渉しない安全な回転半径を求め、この安全な回転半径で決まる円筒面を安全境界として求める加工パス作成のプログラムである。

【0046】図3に3次元CAMの機能ブロック図を示す。3次元CAM3は、3次元CAD2で作成されてデータベース4の加工モデル領域4aに記憶されている加工モデル及び加工条件領域4dに記憶されている加工条件を受け取り、これら加工モデル及び加工条件に基づいて加工パスを作成する機能を有するもので、具体的には図3に示すように安全境界作成手段10、加工パス作成手段11、安全境界変化手段12、加工原点設定手段13及び素材モデル選択手段14の各機能を有している。

【0047】このうち安全境界作成手段10は、図4の蒸気タービン羽根の加工モデル15及び素材モデル(被加工物)16と図5の加工パス作成順序とに示すように、被加工物16の加工時における被加工物16の移動空間17すなわちX軸を回転軸として回転させたときの半径Kの移動空間17に基づいて被加工物16と工具18とが干渉しない安全境界19を作成する機能を有している。

【0048】具体的には、被加工物16をX軸を回転軸として回転させたときの被加工物16の最外の回転軌跡位置となる最大の回転半径Kを求める最大回転半径演算手段10-1と、この最大回転半径K、工具18の半径Rやオフセット値Vに基づいて被加工物16と工具18とが干渉しない安全な回転半径S

触するおそれがあるからである。

【0050】加工パス作成手段11は、3次元CAD2で作成された加工モデルデータ及び安全境界作成手段10で作成された安全境界19に基づいて被加工物16に対する工具18の進入動作及び逃げ動作を決定して加工パスを作成する機能を有している。

【0051】安全境界変化手段12は、被加工物16に対する切削加工によって小さくなる被加工物16をX軸を回転軸として回転させたときの回転半径Kに追従して

安全境界19の位置を変化させる機能を有している。

【0052】加工原点設定手段13は、工具18の加工原点が安全境界19外に設定されているかを判断し、安全境界19外に設定されていれば加工パスの作成に移る機能を有している。

【0053】素材モデル選択手段14は、3次元CAD2で作成された加工モデルデータに基づいてデータベース4の素材モデル領域4bに記憶されている素材モデルから、3次元CAD2で作成された加工モデルに近似した形状の素材モデルを選択するか又は所定形状の素材モデルを選択するかを判断する機能を有している。

【0054】ホストプロセッサ6は、3次元CAM3で作成された加工パスを受け取り、この加工パスに基づいてNC加工機9-1~9-nをNC制御するためのNCプログラムを作してNCプログラムデータベース5に記憶するNCプログラム作成手段としての機能を有している。

【0055】NCプログラムサーバ7は、ホストプロセッサ6で作成されてNCプログラムデータベース5に記憶されているNCプログラムを受け取り、このNCプログラムを各種NC加工機9-1~9-nに応じたNCプログラムに変換してそれぞれデータ転送システム8-1~8-nを通して各種NC加工機9-1~9-nに送出する機能を有している。

【0056】次に上記の如く構成されたNC加工システムによる加工パス作成の作用について、蒸気タービン羽根加工を4軸(XYZ軸、回転軸)を持ったNC加工機9-1を用いて行う場合について図6及び図7に示す加工パス作成手順のフローチャートに従って説明する。

【0057】まず、3次元CAD2では、ステップ#1において、オペレータによる対話形式の入力操作によって製品すなわち蒸気タービン羽根の形状の3次元加工モデル15を設計し、その加工モデルデータをデータベース4に送出する。この加工モデルデータは、データベース4内の3次元モデルデータ領域4aに記憶される。

【0058】次に、3次元CAM3は、ステップ#2において、X軸まわりの回転軸をAとして、図4及び図5に示すように機械座標系A(X, Y, Z)を設定する。すなわち、機械座標系A(X, Y, Z)の原点をG(0, 0, 0)とし、被加工物16は、軸G-G'を軸として回転するように設定される。又、図4には加工原点P1(0, 0, 300, 0)の位置関係が示されている。

【0059】次に、3次元CAM3に対して、ステップ#3において、オペレータの操作によってNC加工機9-1に取り付けられる各工具18の情報、例えば工具18の種類例えば工具はΦ40フラットエンドミル、工具半径R:20mm、刃長:150mm、ホルダー径などが入力される。この工具情報は、データベース4内の工具情報領域4cに記憶される。

【0060】次に、3次元CAM3は、ステップ#4において、オペレータの操作による素材モデルを新規作成するか否かの操作入力を待つ。

【0061】ここで、素材モデルを新規作成するのであれば、3次元CAM3の素材モデル選択手段14は、ステップ#5に移って素材モデルを新規作成するために、データベース4内の素材モデル領域4bから例えば四角柱や円柱等の素材モデルデータを読み出してモニタに表示する。

【0062】このモニタ表示された素材モデルの中から例えば四角柱の素材モデルすなわち図4に示す被加工物16がオペレータによって選択されると、3次元CAM3は、ステップ#6において、四角柱の被加工物16をデータベース4内の素材モデル領域4bから読み出す。

【0063】次に、3次元CAM3の安全境界作成手段10は、ステップ#7及び#11において、図4及び図5に示すように被加工物16をX軸を回転軸として回転させたときの最大の回転半径Kの移動空間17に基づいて被加工物16と工具18とが干渉しない安全境界19を作成する。

【0064】なお、3次元CAM3の安全境界作成手段10は、オペレータの操作によって加工モデル15と被加工物20とのオフセット値Vとして余肉厚みtが入力される。

【0065】安全境界19の作成について図4及び図5を参照して説明すると、まず、最大回転半径演算手段10-1は、被加工物16をX軸に配置したときの最も遠い点D、すなわち被加工物16をX軸を回転軸として回転させたときの点Dの回転軌跡を検出し、この回転軌跡から最大の回転半径K(G'-D間の距離)を求める。

【0066】次に、安全回転半径演算手段10-2は、最大回転半径K、工具18の最大半径R及びオフセット値Vに基づいて被加工物16と工具18とが干渉しない安全な回転半径S(=K+R+V)を上記式(1)を演算して求める。

【0067】次に、安全境界演算手段10-3は、安全回転半径演算手段10-2により求められた回転半径S(=K+R+V)で決まる円筒面を上記安全境界19として求める。この安全境界19は、データベース4内の安全境界領域4eに記憶される。

【0068】なお、実際に用いる回転半径Sは、上記の如く回転半径(S+α)とし、このα値分だけ工具18の位置を被加工物16から遠ざけている。

【0069】一方、素材モデルを新規作成しなければ、3次元CAM3の素材モデル選択手段14は、ステップ#8に移って、素材モデル領域4bから既存の素材モデルデータを読み出してモニタに表示する。

【0070】このモニタ表示された素材モデルの中から蒸気タービン羽根の形状に類似した素材モデル、すなわち図8に示す被加工物20がオペレータによって選択さ

れると、3次元CAM3は、この被加工物20をデータベース4内の素材モデル領域4bから読み出す。

【0071】次に、3次元CAM3の安全境界作成手段10は、ステップ#9において、オペレータの操作によって加工モデル15とこの加工モデル15の形状に類似した被加工物20とのオフセット値Vとして余肉厚みtが入力される。

【0072】次に、最大回転半径演算手段10-1は、図9に示すように被加工物20をX軸に配置したときの最も遠い点D、すなわち被加工物20をX軸を回転軸として回転させたときの点Dの回転軌跡を検出し、この回転軌跡から最大の回転半径K（G'-D間の距離）を求める。

【0073】次に、安全回転半径演算手段10-2は、最大回転半径K、工具18の最大半径R及びオフセット値Vに基づいて被加工物20と工具18とが干渉しない安全な回転半径Sを演算して求める。

【0074】次に、安全境界演算手段10-3は、安全回転半径演算手段10-2により求められた回転半径Sで決まる円筒面を上記安全境界19として求める。この安全境界19は、データベース4内の安全境界領域4eに記憶される。

【0075】なお、実際に用いる回転半径Sは、上記の如く回転半径（S+α）とし、このα値分だけ工具18の位置を被加工物16から遠ざけている。

【0076】次に、加工原点設定手段13は、ステップ#12～#14を繰り返し、工具18の加工原点P1（0, 0, 300, 0）が安全境界19外に設定されているかを判断し、安全境界19外に設定されていれば加工パスの作成に移る。加工原点P1（0, 0, 300, 0）が安全境界19外になければ、この加工原点P1が安全境界19外に設定されるまで、加工原点設定手段13は、エラーメッセージ「加工原点エラー」を出力する。

【0077】次に、3次元CAM3に対して、オペレータの操作により加工パス作成の定義が入力される。3次元CAM3は、ステップ#15において、オペレータにより操作入力された加工パス作成の定義、例えば加工パスを定義するデータとして加工面、加工方法、加工パスの接続方法、加工前後の切削送り距離、工具進入方法、工具逃がし方法、さらには各NC加工機9-1～9-nの主軸の回転数、切削送り速度、切削速度などを加工条件領域4dに記憶する。

【0078】次に、加工パス作成手段11は、ステップ#16～#20において、3次元CAD2で作成された加工モデルデータ及び安全境界作成手段10で作成された安全境界19に基づいて被加工物16に対する工具18の進入動作及び逃げ動作を決定して加工パスを作成する。

【0079】先ず、新規作成した素材モデル（被加工

物）16に対する加工パスの作成について図5を参照して説明する。

【0080】加工パスの作成にあたって以下の各点P1～P6の定義を行う。

【0081】

P1：加工原点位置（Home）

P2：P3を工具ベクトルで安全境界19上に投影したもの

P3：切削パス開始位置

10 P4：切削パス終了位置

P5：P4を工具ベクトルで安全境界19上に投影したもの

P6：次の切削開始位置を安全境界19上に投影したもの

加工パス作成手段11は、ステップ#16において、ソフトウェア上で安全境界19上の切削パス開始位置P3へNC加工機9-1の4軸を移動させる。

【0082】加工原点位置P1からP2への工具18の移動は、加工パスの最初の移動となり、所定の早送り速度で移動する。この移動においても工具18と安全境界面との干渉が考慮される。なお、工具18の移動のために変位する座標値は、（X, Y, Z, A）であり、P1及びP2の座標値は、

P1（X=0, Y=0, Z=300, A=0）

P2（X=P2x, Y=P2y, Z=P2z, A=P2a）

である。

【0083】次に、加工パス作成手段11は、ステップ#17において、ソフトウェア上で切削パス開始点P3まで工具18を降ろす。

【0084】点P2から切削パス開始点P3への工具18の移動は、移動速度と呼ぶ所定の早送り速度で行って工具18を降ろす。

【0085】このときの工具18の移動のために変位する座標値は、Zであり、P2及びP3の座標値は、

P2（X=P2x, Y=P2y, Z=P2z, A=P2a）

P3（X=P2x, Y=P2y, Z=P3z, A=P2a）

40 である。

【0086】次に、加工パス作成手段11は、ステップ#18において、ソフトウェア上で工具18を切削パス開始位置P3から切削パス終了位置P4へ移動させて被加工物16に対する切削を行う。

【0087】この被加工物16に対する切削は、移動速度と呼ぶ所定の切削送り速度で工具18を切削パス開始位置P3から切削パス終了位置P4へ移動させる。この移動中のパスは、加工パスの定義に依存する。

【0088】このときの工具18の移動のために変位する座標値は、（X, Y, Z, A）であり、P3及びP4

の座標値は、

P 3 (X=P 2 x, Y=P 2 y, Z=P 3 z, A=P 2 a)

P 4 (X=P 4 x, Y=P 4 y, Z=P 4 z, A=P 4 a)

である。

【0089】次に、加工パス作成手段11は、ステップ#19において、ソフトウェア上で工具18を安全境界19の外まで切削パス終了位置P4から点P5まで移動させる。

【0090】この切削パス終了位置P4から点P5まで工具18の移動は、所定の早送り速度で移動して工具18を安全境界19の外まで上げる。

【0091】このときの工具18の移動のために変位する座標値は、Zであり、P4及びP5の座標値は、

P 4 (X=P 4 x, Y=P 4 y, Z=P 4 z, A=P 4 a)

P 5 (X=P 4 x, Y=P 4 y, Z=P 5 z, A=P 4 a)

である。

【0092】次に、加工パス作成手段11は、次の切削加工がある場合、ソフトウェア上で工具18を点P5から次の切削開始位置P6に所定の早送り速度で移動する。

【0093】このときの工具18の移動のために変位する座標値は、(X, Y, Z, A)であり、P5及びP6の座標値は、

P 5 (X=P 4 x, Y=P 4 y, Z=P 5 z, A=P 4 a)

P 6 (X=P 6 x, Y=P 6 y, Z=P 5 z, A=P 6 a)

である。

【0094】再び、加工パス作成手段11は、ステップ#16に戻り、ソフトウェア上で工具18を点P2から安全境界19上の切削パス開始位置P3へNC加工機9-1の4軸を移動させる。

【0095】以上のように加工パス作成手段11は、ステップ#16～#19を繰り返して加工パスを作成し、この加工パスの作成が終了すると、ステップ#20に移って工具18を早送り速度で加工原点位置P1に戻す。

【0096】このときの工具18の移動のために変位する座標値は、(X, Y, Z, A)であり、P5及びP1の座標値は、

P 5 (X=P 4 x, Y=P 4 y, Z=P 5 z, A=P 4 a)

P 1 (X=0, Y=0, Z=300, A=0)

である。

【0097】次に、3次元CAM3は、作成された加工パスをデータベース4内の加工パス領域4fに記憶する。

【0098】次に、ホストプロセッサ6は、3次元CAM3で作成されてデータベース4内の加工パス領域4fに記憶されている加工パスを受け取り、この加工パスに基づいてNC加工機9-1をNC制御するためのNCプログラムを作してNCプログラムデータベース5に記憶する。

【0099】次に、NCプログラムサーバ7は、NCプログラムデータベース5に記憶されているNCプログラムを受け取り、このNCプログラムをNC加工機9-1に応じたNCプログラムに変換してデータ転送システム8-1を通してNC加工機9-1に送出する。

【0100】かくして、NC加工機9-1は、NCプログラムに従って工具18を移動させ、被加工物16を切削加工して蒸気タービン羽根を作成する。

【0101】一方、図8及び図9に示す既存の素材モデル(被加工物)20に対する加工パスの作成については、上記新規作成した素材モデル(被加工物)20に対する加工パスの作成と同様であり、その説明は省略する。

【0102】ところで、NC加工機9-1により被加工物16を切削加工すると、この切削加工によって被加工物16又は20は、その形状が次第に小さくなる。

【0103】従って、安全境界変化手段12を動作させ、この安全境界変化手段12によって切削加工に従って小さくなる被加工物16又は20の回転半径Kに追従して回転半径Sを小さくし、安全境界19の位置を変化させてもよい。

【0104】このように上記第1の実施の形態においては、被加工物16又は20の加工時における被加工物16又は20の最大の回転半径Kに基づいて被加工物16又は20と工具18とが干渉しない安全境界19を作成し、加工モデルデータ及び安全境界19に基づいて被加工物16又は20に対する工具18の進入動作及び逃げ動作を決定して加工パスを作成するので、加工開始点への工具18の進入動作において被加工物16又は20への工具18の干渉を回避でき、かつ回転している被加工物16又は20への移動中の工具18の衝突も回避でき、4軸のNC加工機9-1を用いて安全に切削加工できる加工パスを作成でき、この加工パスから各種NC加工機9-1～9-nの各NCプログラムを自動的に作成できる。

【0105】従って、かかる加工パスの作成のプログラム及びNCプログラムへの変換のプログラムを記憶したNCプログラムデータベース6を搭載すれば、工具18の進入や逃げ動作での工具18の干渉を回避できる加工パスを作成するCAD/CAMシステムを実現できるとともに、このCAD/CAMシステムに各種NC加工機9-1～9-nを接続すれば、工具18の進入や逃げ動作での工具18の干渉を回避したNC加工ができるNC加工システムを実現できる。

【0106】(2) 次に本発明の第2の実施の形態について説明する。

【0107】この第2の実施の形態は、上記第1の実施の形態における安全境界作成手段10を変更したもので、図10の機能ブロック図に示すように回転半径演算手段10-4及び安全境界演算手段10-5の各機能を有したものとなっている。

【0108】このうち回転半径演算手段10-4は、図11に示すように被加工物16又は20を回転させたときの回転軸A方向における被加工物16又は20の各断面21での各回転半径R_aを求める機能を有している。

【0109】安全境界演算手段10-5は、回転半径演算手段10-4により求められた各回転半径R_aから直接に被加工物16又は20の各断面21における各安全境界面22を求める機能を有している。

【0110】この場合、NCプログラムデータベース5には、被加工物16又は20を回転させたときの回転軸A方向における被加工物16又は20の各断面21での各回転半径R_aを求め、これら回転半径R_aから被加工物16又は20の各断面21における各安全境界面22を求めるプログラムが記憶される。

【0111】このような安全境界面22の作成手段を備えても、上記第1の実施の形態と同様に、加工開始点への工具18の進入動作において被加工物16又は20への工具18の干渉を回避でき、かつ回転している被加工物16又は20への移動中の工具18の衝突も回避でき、4軸のNC加工機9-1を用いて安全に切削加工できる加工パスを作成でき、この加工パスから各種NC加工機9-1～9-nの各NCプログラムを自動的に作成できる。

【0112】従って、かかる加工パスの作成のプログラム及びNCプログラムへの変換のプログラムを記憶したNCプログラムデータベース6を搭載すれば、工具18の進入や逃げ動作での工具18の干渉を回避できる加工パスを作成するCAD/CAMシステムを実現できるとともに、このCAD/CAMシステムに各種NC加工機9-1～9-nを接続すれば、工具18の進入や逃げ動作での工具18の干渉を回避したNC加工ができるNC加工システムを実現できる。

【0113】(3) 次に本発明の第3の実施の形態について説明する。

【0114】この第3の実施の形態は、上記第1の実施の形態における安全境界作成手段10を変更したもので、図12の機能ブロック図に示すように回転半径演算手段10-6、安全境界演算手段10-7及び安全境界面演算手段10-8の各機能を有したものとなっている。

【0115】このうち回転半径演算手段10-6は、図11に示すように被加工物16又は20を回転させたときの回転軸A方向における被加工物16又は20の各断

面21での各回転半径R_aを求める機能を有している。

【0116】安全境界演算手段10-7は、回転半径演算手段10-6により求められた各回転半径R_aから被加工物16又は20の各断面21における各安全境界を求める機能を有している。

【0117】安全境界面演算手段10-8は、安全境界演算手段10-7により求められた各安全境界から被加工物16又は20を包含する安全境界面を求める機能を有している。

【0118】この場合、NCプログラムデータベース5には、被加工物16又は20を回転させたときの回転軸A方向における被加工物16又は20の各断面21での各回転半径R_aを求め、これら回転半径R_aから被加工物16又は20の各断面21における各安全境界を求めるプログラムが記憶される。

【0119】このような安全境界面の作成手段を備えても、上記第1の実施の形態と同様の効果を奏することは言うまでもない。

【0120】なお、本発明は、上記第1乃至第3の実施の形態に限定されるものでなく次の通り変形してもよい。

【0121】例えば、回転軸Aを含む4軸制御以上のNCプログラムを作成する場合、新規作成する素材モデル(被加工物)16に対して安全境界を作成して加工パスを作成し、この加工パスに基づいて作成されるNCプログラムに従ってNC加工機9-1～9-nによって被加工物16を加工する工程を荒加工工程に適用し、既存の素材モデル(被加工物)20に対して荒加工工程において生じる余肉の厚さを参照した安全境界を作成して加工パスを作成し、この加工パスに基づいて作成されるNCプログラムに従ってNC加工機9-1～9-nによって被加工物20を加工する工程を中加工工程及び仕上げ加工工程に適用するなど適宜組み合わせることができる。

【0122】又、図13に示すように被加工物23の中央部に突起形状24が形成されている場合、上記第3の実施の形態のように、被加工物16又は20を回転させたときの回転軸A方向における被加工物16又は20の各断面21での各回転半径R_aを求め、これら回転半径R_aから被加工物16又は20の各断面21における各安全境界面22を求めるようにすれば、工具18の移動中においては安全境界と工具18、ホルダー、NC加工機の主軸の干渉を回避し、工具18の進入や逃げ動作、加工中においては素材モデルに対する干渉を回避したNCプログラムを作成することができる。

【0123】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避できる加工パス作成方法を提供できる。

【0124】又、本発明によれば、工具の進入や逃げ動

作での工具の干渉を回避できるNCプログラム自動作成方法を提供できる。

【0125】又、本発明によれば、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避できる加工パスを作成するCAD/CAMシステムを提供できる。

【0126】又、本発明によれば、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避したNC加工ができるNC加工システムを提供できる。

【0127】又、本発明によれば、工具の進入や逃げ動作での工具の干渉を回避できる加工パス作成のプログラム又はこの加工パスから作成したNCプログラムを記憶する記憶媒体を提供することを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる3次元CAD/CAMシステムを適用したNC加工システムの第1の実施の形態を示す構成図。

【図2】同NC加工システムにおける3次元CAD/CAMシステムのデータベース内の各領域を示す模式図。

【図3】同NC加工システムにおける3次元CAMの機能ブロック図。

【図4】同NC加工システムにおける蒸気タービン羽根の加工モデル及び新規作成の素材モデルを示す模式図。

【図5】同NC加工システムにおける新規作成の素材モデルを用いたときの加工パス作成の順序を示す図。

【図6】同NC加工システムにおける加工パス作成手順のフローチャート。

【図7】同NC加工システムにおける加工パス作成手順のフローチャート。

【図8】同NC加工システムにおける蒸気タービン羽根の加工モデル及び既存の素材モデルを示す模式図。

【図9】同NC加工システムにおける既存の素材モデルを用いたときの加工パス作成の順序を示す図。

【図10】本発明に係わる3次元CAD/CAMシステムを適用したNC加工システムの第2の実施の形態を示す安全境界作成手段の機能ブロック図。

【図11】同NC加工システムにおける安全境界作成の作用を示す模式図。

【図12】本発明に係わる3次元CAD/CAMシステムを適用したNC加工システムの第3の実施の形態を示す安全境界作成手段の機能ブロック図。

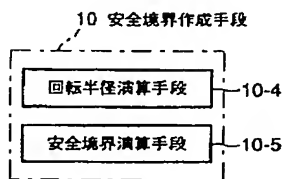
す安全境界作成手段の機能ブロック図。

【図13】本発明に係わる3次元CAD/CAMシステムの変形例を説明するための図。

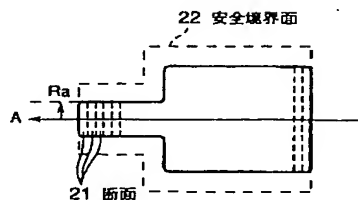
【符号の説明】

- 1 : 3次元CAD/CAMシステム、
- 2 : 3次元CAD、
- 3 : 3次元CAM、
- 4 : データベース、
- 4 a : 加工モデル領域、
- 4 b 素材モデル領域、
- 4 c : 工具情報領域、
- 4 d : 加工条件領域、
- 4 e : 安全境界領域、
- 4 f : 加工パス領域、
- 4 g : 制御プログラム領域、
- 5 : NCプログラムデータベース、
- 6 : ホストプロセッサ、
- 7 : NCプログラムサーバ、
- 8-1~8-n : データ転送システム (DNC)、
- 9-1~9-n : NC加工機、
- 10 : 安全境界作成手段、
- 10-1 : 最大回転半径演算手段、
- 10-2 : 安全回転半径演算手段、
- 10-3 : 安全境界演算手段、
- 10-4 : 回転半径演算手段、
- 10-5 : 安全境界演算手段、
- 10-6 : 回転半径演算手段、
- 10-7 : 安全境界演算手段、
- 10-8 : 安全境界面演算手段、
- 11 : 加工パス作成手段、
- 12 : 安全境界変化手段、
- 13 : 加工原点設定手段、
- 14 : 素材モデル選択手段、
- 15 : 加工モデル、
- 16, 20 : 素材モデル (被加工物)、
- 17 : 移動空間、
- 18 : 工具、
- 19 : 安全境界。

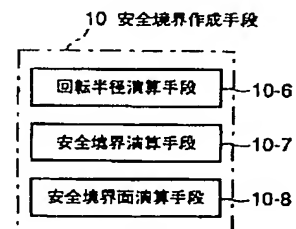
【図10】



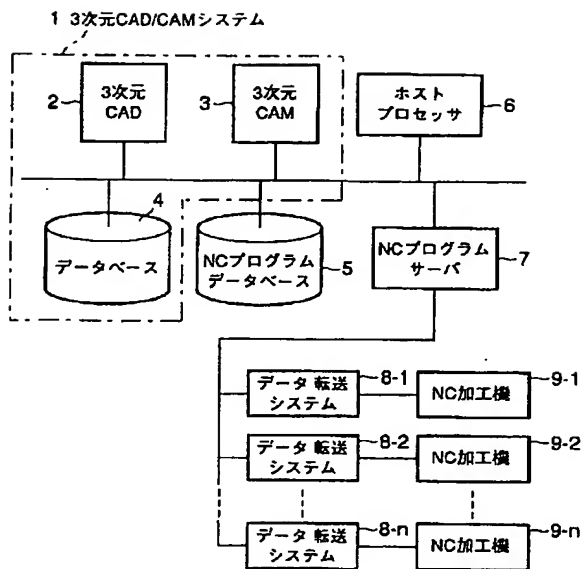
【図11】



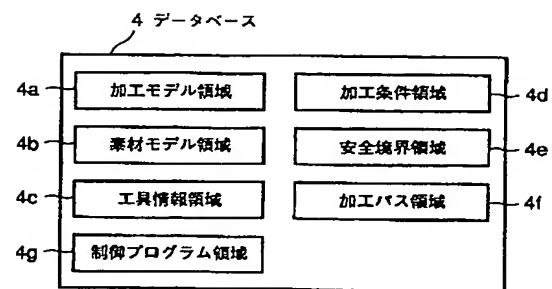
【図12】



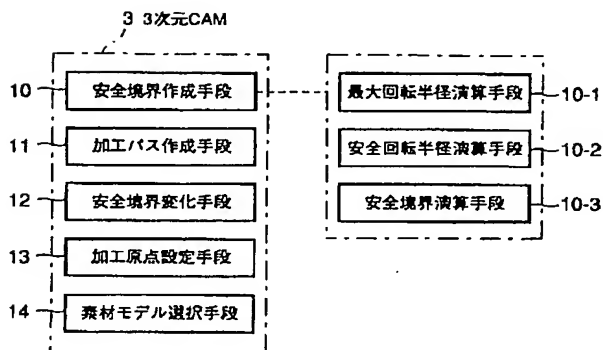
【図1】



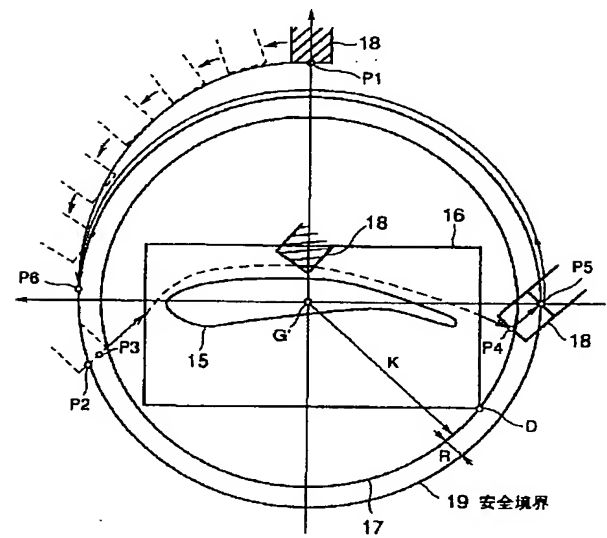
【図2】



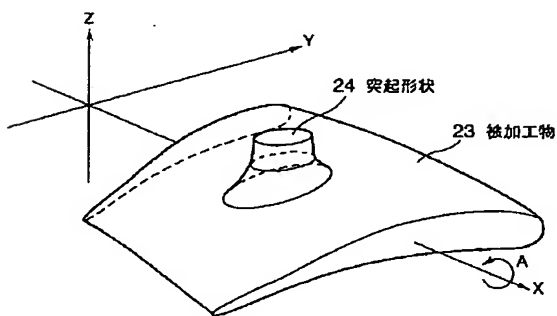
【図3】



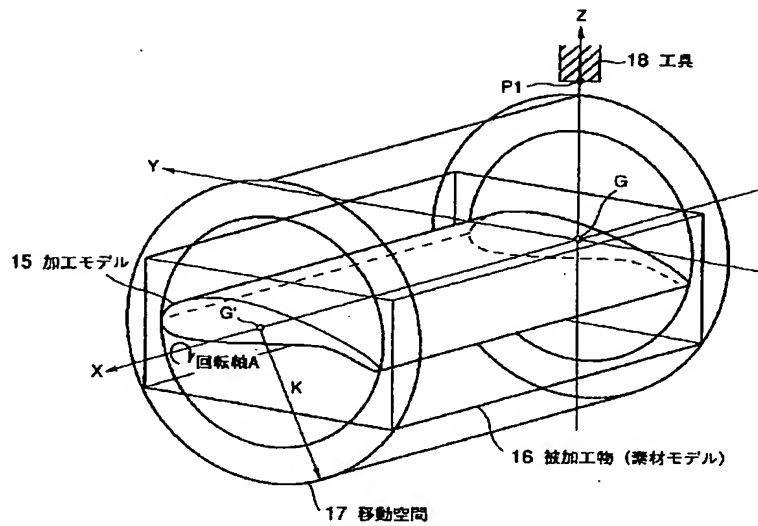
【図5】



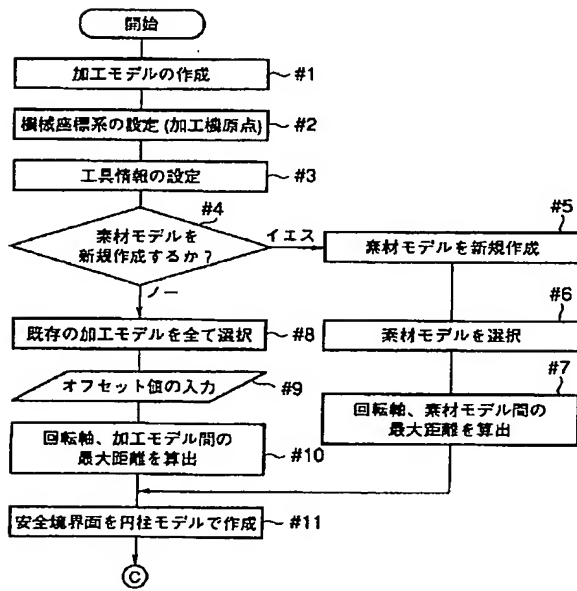
【図13】



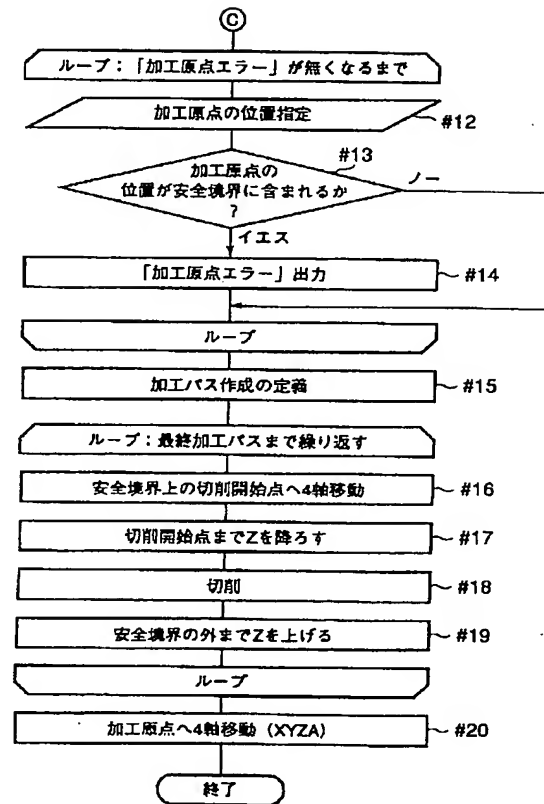
【図4】



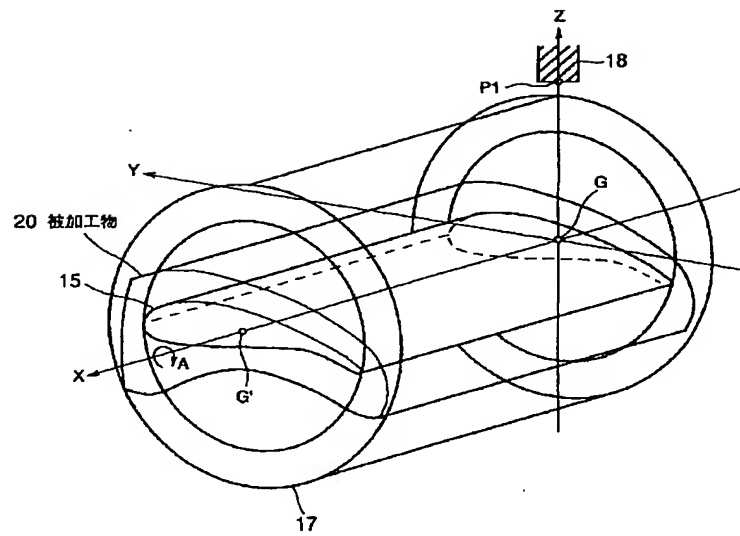
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

